

明 細 書

適応アンテナ受信方法および装置

技術分野

- [0001] 本発明は、適応アンテナ受信装置に関し、特に、CDMA通信においてアンテナ指向性ビームを適応的に形成し、所定のユーザからの希望信号を受信すると共に他ユーザからの干渉信号を抑圧する適応アンテナ受信装置に関する。

背景技術

- [0002] 符号分割多重アクセス(CDMA)通信は、無線周波数に対する加入者容量の増大が可能と言われており、移動通信セルラーシステムの無線アクセス方式として注目されている。
- [0003] しかし、CDMA通信では、所定のユーザからの希望信号を基地局で受信するとき、同時に基地局にアクセスする他ユーザからの信号が干渉となるという問題がある。この干渉信号を除去して希望信号を良好に受信するための手段としてアレーアンテナがある。
- [0004] アレーアンテナは複数のアンテナ素子からなる。アレーアンテナは、各アンテナ素子に対して複素数の重み付けをすることにより各アンテナ素子の受信信号の振幅および位相を制御して指向性ビームを形成することができる。希望信号の受信に適するように指向性ビームを形成することにより、アレーアンテナは希望信号を良好に受信するとともに他ユーザからの干渉信号を抑圧する。この指向性ビームを適応制御するのが適応アレーアンテナである。
- [0005] 希望信号は基地局ではマルチパスで受信されるが、適応アレーアンテナは、希望信号の各パス方向に高いビーム利得を向けるだけでなく、干渉信号の方向に利得の極めて低いポイント(ヌル)を向けることにより、受信希望信号対干渉雑音電力比(SINR)を最大とするよう重み付けを制御する。

従来の適応アンテナ受信装置として非特許文献1に記載されたものがある。

- [0006] 図1は、従来の適応アンテナ受信装置の構成を示すブロック図である。図1を参照すると、従来の適応アンテナ受信装置は、パス受信部101-1〜101-L(Lは自然数

)、合成器106、判定器107、スイッチ108、減算器109を有している。

[0007] パス受信部101-1〜101-Lは、移動通信環境におけるマルチパスによる複数の伝送路に対応してマルチパス合成を行うためにL個が設けられている。

パス受信部101-1〜101-Lは全て同様の構成である。

[0008] パス受信部101-1は、ビームフォーマー102-1、伝送路推定部103-1、複素共役操作104-1、乗算器105-1、110-1、アンテナ重み適応更新部111-1を有している。

[0009] ビームフォーマー102-1には、希望ユーザの拡散符号を用いてパス#1のタイミングで各アンテナ素子#1〜#N(Nはアレーアンテナに含まれるアンテナ素子の数)での受信信号を逆拡散して得られたN個の逆拡散信号が入力として与えられる。ビームフォーマー102-1は、N個の逆拡散信号を重み付け合成することでパス#1用の指向性ビームを形成する。

[0010] 図2は、従来のビームフォーマーの構成を示すブロック図である。図2を参照すると、ビームフォーマー102-1は、複素共役操作部112-1-1〜112-1-N、乗算器113-1-1〜113-1-N、および合成器114-1を有している。他のビームフォーマー102-2〜102-Lも同様の構成である。

[0011] 複素共役操作部112-1-1〜112-1-Nは、アンテナ重み適応更新部111-1からのN個のアンテナ重み(W)の複素共役を各々計算し、乗算器113-1-1〜113-1-Nの各々に与える。

[0012] 乗算器113-1-1〜113-1-Nは、パス#1の逆拡散信号の各々と、複素共役操作部112-1-1〜112-1-Nの各々からの与えられたアンテナ重みの複素共役とを乗算して合成器114-1に与える。

[0013] 合成器114-1は、乗算器113-1-1〜113-1-Nの全ての出力を加算する。

[0014] また、図1に示した伝送路推定部103-1は、ビームフォーマー102-1の出力から伝送路推定を行い、伝送路推定値を複素共役操作部104-1および乗算器110-1に与える。伝送路推定とは、パスの受信状況から電波伝搬状態の変化を推定することである。これにより得られた伝送路推定値は電波伝搬状況の変化を補償(伝送路補正)するのに用いられる。

- [0015] 複素共役操作部104-1は、伝送路推定部103-1からの伝送路推定値の複素共役を計算し、乗算器105-1に与える。
- [0016] 乗算器105-1は、ビームフォーマー102-1の出力に伝送路推定値の複素共役を乗算することにより、位相変動を補正(伝送路補正)するとともに最大比合成のための重み付けを行う。最大比合成とは、マルチパス合成後の信号のSINRを最大とするような重み付け合成方法である。
- [0017] 図1に示した従来のパス受信部101-1では、伝送路推定に基づいて位相補正する機能がアンテナ重み制御と分離されている。そのため、アンテナ重み制御において、希望信号のフェージングによる位相変動を補正する必要が無く、信号の到来方向のみに依存する位相変動を補正すればよいので、安定したビーム形成が可能となる。
- [0018] 合成器106は、パス受信部101-1〜101-Lの各々の乗算器105-1〜105-Lの出力の全てを加算してパス合成を行うことにより復調信号を生成する。
- [0019] 判定器107は、合成器106で得られた復調信号から、可能性の高い送信シンボルを判定する。
- [0020] スイッチ108は、既知参照信号、または判定器107からの送信シンボルのいずれかを選択し、参照信号として減算器109に与える。スイッチ108は、既知参照信号が与えられていればそれを選択し、既知参照信号が与えられていなければ、判定器107からの送信シンボルを選択する。
- [0021] 減算器109は、参照信号から、合成器106からの復調信号を減算し、全てのパス受信部101-1〜101-Lの乗算器110-1〜110-Lに誤差信号として与える。その際、参照信号として、スイッチ108からの参照信号に後述する参照信号レベルを乗じた値を用いる。
- [0022] パス受信部101-1の乗算器110-1は、減算器109からの誤差信号に、伝送路推定部103-1からの伝送路推定値を乗算してアンテナ重み適応更新部111-1に与える。
- [0023] アンテナ重み適応更新部111-1は、伝送路推定値が乗じられた誤差信号と、パス#1のN個の逆拡散信号とを用いてアンテナ重みを適応的に計算し、ビームフォーマー

ー102-1に与えて適応制御を行う。適応制御において、一般に、最小二乗平均誤差制御(MMSE)が用いられる。誤差信号を用いるアンテナ重み係数の適応更新アルゴリズムにはLMS(Least Mean Square)、NLMS(Normalized LMS)、RLS(Recursive Least Square)アルゴリズムが知られている。

[0024] 例えば、非特許文献1では、NLMSアルゴリズムを用いてアンテナ重みを更新することが記載されている。アンテナ重み $w(i, m)$ (ここで、 i はパス番号、 m はシンボル番号である)は以下の更新式(式(1))を用いて計算される。

[0025] [数1]

$$w(i, m+1) = w(i, m) + \frac{\lambda}{P(i, m)} x(i, m) h(i, m) e^*(m) \quad (1)$$

[0026] ここで、 $x(i, m)$ は各アンテナによる受信信号の逆拡散信号である。 $p(i, m)$ は各アンテナの逆拡散信号の逆拡散信号の総電力である。 $h(i, m)$ は伝送路推定値である。 λ はステップサイズである。

誤差信号を $e(m)$ 、受信信号を $z(m)$ とすると、誤差信号 $e(m)$ は式(2)のように表すことができる。なお、 $*$ は共役複素数を示す。

[0027] [数2]

$$e(m) = A(m) \hat{z}(m) - z(m) \quad (2)$$

ここで、 $\hat{z}(m)$ は参照信号(既知参照信号または判定信号)である。

$A(m)$ は参照信号レベルである。

[0028] 参照信号レベル $A(m)$ は、ビームフォーマー102-1に入力されるアンテナ素子毎の逆拡散信号に基づいて計算される(例えば、特許文献1参照)。ビームフォーマー102-1に入力される逆拡散信号の受信レベルはビーム利得の影響を受けないため参照信号レベル $A(m)$ を算出する基準として望ましい。

[0029] また、適応アンテナ受信の応用形態として、フェージングが互いに独立した複数のアレーアンテナ(サブアレー)で符号分割多重アクセス信号を受信することにより指向性を制御することによる効果とダイバーシチ効果とを得るという形態がある。

[0030] そして、それら複数のサブアレーにおいて指向性形成に用いられるアンテナ重みを

共通のものとするとともに、そのアンテナ重み制御に全てのサブアレーの判定誤差信号を用いて適応制御特性を改善した形態が提案されている(特許文献2参照)。

[0031] また、他の応用形態として、マルチビームフォーマーによってビーム形成された信号を用いてパス検出するという形態がある。それによりアンテナ数が多くてもパス検出特性が劣化しないという効果が得られる。

[0032] そして、そのマルチビームフォーマーで形成された各ビームの逆拡散出力を重み付け合成して位相変動を補正することにより各パスを検出し、さらにそれらパスを合成して復調信号を得るとともに、位相変動の逆補正を施した判定誤差信号と各ビームの逆拡散出力とを用いて重み付け合成の重みを適応更新するとした形態が提案されている(特許文献3参照)。これにより優れたパス検出特性に加えて優れた受信復調特性をも得ることができる。

特許文献1:特開2002-77008号公報

特許文献2:特開2002-368520号公報

特許文献3:特開2002-368652号公報

非特許文献1:田中、佐和橋、安達他、「Pilot Symbol-Assisted Decision-Directed Coherent Adaptive Array Diversity for DS-CDMA Mobile Radio Reverse Link」(IEICE Trans., vol. E80-A, pp. 2445-2454, Dec. 1997)

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0033] 図1に示したものに代表されるような従来の適応アンテナ受信装置によれば、希望信号の到来方向に指向性ビームを形成することができる。また、特許文献2、3に記載されたような様々な応用形態によれば希望信号をさらに良好に受信することができる。しかし、これは追従性が良いという条件下で得られる効果である。

[0034] 希望信号の到来方向の角度変化が大きい場合、希望信号の到来方向と指向性ビームのビーム方向がずれて希望信号の利得が低下する可能性がある。

[0035] 図3は、適応アレーアンテナによる指向性ビームと希望信号の到来方向の関係を示す図である。図3において(a)は従来の場合、(b)は本発明の場合である。従来の

適応アレーアンテナでは、希望波の到来方向で最大利得が得られるように指向性ビームの方向が制御されるが追従性に考慮が払われていないため、図3(a)に示すように、到来方向の角度が変化した場合、希望信号の到来方向がビーム方向からずれ、希望信号の利得が大きく低下してしまう。その結果、正確な誤差信号が検出されず、追従性が損なわれる。また、ひどい場合には、到来方向の角度変化に追従できずに希望信号を見失い、同期はずれを起こす可能性がある。

- [0036] 本発明は、指向性ビームの追従性に着目してなされたものであり、その目的は、希望信号の到来方向の角度変化に対する追従性を向上した適応アンテナ受信装置を提供することである。

課題を解決するための手段

- [0037] 上記目的を達成するために、本発明の適応アンテナ受信装置は、複数のアンテナ素子からなるアレーアンテナの指向性ビームを適応的に形成することにより複数の送信装置から送信された多重信号における干渉信号を抑圧して希望信号を受信し、該希望信号を伝送路推定に基づいて補正する適応アンテナ受信装置であって、

前記各アンテナ素子で受信した信号と、前記伝送路推定に基づいて補正された前記希望信号を用いて求められた誤差信号とからアンテナ重みを適応的に更新するアンテナ重み適応更新手段と、

前記希望信号の到来方向にビーム利得が一定となるように、前記アンテナ重み適応更新手段で求めた前記アンテナ重みに拘束処理を施すアンテナ重み方向拘束手段と、

前記アンテナ重み方向拘束手段において拘束処理が施された前記アンテナ重みを用いて前記アレーアンテナで前記希望信号を受信するビームフォーマーと、

前記ビームフォーマーで受信された前記希望信号の伝送路推定を行い、推定結果を用いて前記希望信号を補正する伝送路推定手段とを有している。

- [0038] したがって、本発明によれば、伝送路推定手段が伝送路補正を行い、アンテナ重み適応更新手段が各アンテナ素子の受信信号を用いてアンテナ重みを適応制御し、アンテナ方向拘束手段がアンテナ重みを修正するという伝送路補正がアンテナ重み制御から分離された構成なので、アンテナ重みは、伝送路補正の成分を含まず、

信号到来方向のみに依存する位相補正により適応制御され、アンテナ重み方向拘束手段が、希望信号の到来方向のビーム利得を一定に保つようにアンテナ重みを修正することができる。

[0039] また、前記アンテナ重み方向拘束手段において、前記希望信号の到来方向を示す方向ベクトルを用いて前記アンテナ重みに拘束処理を施すこととしてもよい。

[0040] したがって、アンテナ方向拘束手段が方向ベクトルにより希望信号の到来方向のビーム利得を一定に保つようにアンテナ重みを修正するので、ビーム出力の希望信号成分の利得が一定に保たれる。

[0041] また、隣接する前記アンテナ素子で受信した信号同士の各相関値を求める隣接アンテナ相関検出手段と、

前記隣接アンテナ相関検出手段で求めた前記各相関値の平均値を求めるアンテナ相関平均手段と、

前記アンテナ相関平均手段で求めた平均値の逆正接を取って位相を求める逆正接計算手段と、

前記逆正接計算手段で求めた位相から前記方向ベクトルを求める方向ベクトル計算手段とをさらに有することとしてもよい。

[0042] したがって、隣接アンテナ相関検出手段が求めた隣接アンテナ素子間の各相関をアンテナ相関平均手段が平均化し、逆正接計算手段および方向ベクトル計算手段がその平均値から方向ベクトルを求めるので、隣接アンテナ素子間の相関に基づいて簡易な処理および構成で希望信号の方向ベクトルを求めることができる。

発明の効果

[0043] 本発明によれば、伝送路推定手段が伝送路補正を行い、アンテナ重み適応更新手段が各アンテナ素子の受信信号を用いてアンテナ重みを適応制御し、アンテナ方向拘束手段がアンテナ重みを修正するという伝送路補正がアンテナ重み制御から分離された構成なので、アンテナ重みは、伝送路補正の成分を含まず、信号到来方向のみに依存する位相補正により適応制御され、アンテナ重み方向拘束手段が、希望信号の到来方向のビーム利得を一定に保つようにアンテナ重みを修正することができ、ビーム出力の希望信号成分の利得が一定に保たれ、指向性ビームの追従性が

向上し、同期はずれも防止できる。

[0044] また、アンテナ方向拘束手段が方向ベクトルにより希望信号の到来方向のビーム利得を一定に保つようにアンテナ重みを修正するので、ビーム出力の希望信号成分の利得が一定に保たれる。

[0045] また、隣接アンテナ相関検出手段が求めた隣接アンテナ素子間の各相関をアンテナ相関平均手段が平均化し、逆正接計算手段および方向ベクトル計算手段がその平均値から方向ベクトルを求めるので、隣接アンテナ素子間の相関に基づいて簡易な処理および構成で希望信号の方向ベクトルを求めることができる。

発明を実施するための最良の形態

[0046] 本発明の一実施形態について図面を参照して詳細に説明する。

図4は、本発明の一実施形態による適応アンテナ受信装置の構成を示すブロック図である。図4を参照すると、適応アンテナ受信装置は、パス受信部1-1〜1-L、合成器6、判定器7、スイッチ8、減算器9を有している。

[0047] パス受信部1-1〜1-Lは、移動通信環境におけるマルチパス伝播路に対応してマルチパス合成を行うためにL個が設けられている。パス受信部1-1〜1-Lは全て同様の構成である。

[0048] パス受信部1-1は、ビームフォーマー2-1、伝送路推定部3-1、複素共役操作部4-1、乗算器5-1、10-1、アンテナ重み適応更新部11-1、アンテナ重み方向拘束部12-1、および方向ベクトル生成部16-1を有している。

[0049] ビームフォーマー2-1には、希望ユーザの拡散符号を用いてパス#1のタイミングで各アンテナ素子#1〜#N(Nはアレーアンテナに含まれるアンテナ素子の数)での受信信号を逆拡散して得られたN個の逆拡散信号が入力として与えられる。ビームフォーマー2-1は、N個の逆拡散信号を重み付け合成することでパス#1用の指向性ビームを形成する。

[0050] 図5は、図4に示したビームフォーマーの構成を示すブロック図である。図5を参照すると、ビームフォーマー2-1は、複素共役操作部13-1-1〜13-1-N、乗算器14-1-1〜14-1-N、および合成器15-1を有している。他のビームフォーマー2-2〜2-Lも同様の構成である。

- [0051] 複素共役操作部13-1-1〜13-1-Nは、アンテナ重み方向拘束部12-1からのN個のアンテナ重みWの複素共役を各々計算し、乗算器14-1-1〜14-1-Nの各々に与える。
- [0052] 乗算器14-1-1〜14-1-Nは、パス#1の逆拡散信号の各々と、複素共役操作部13-1-1〜13-1-Nの各々からの与えられたアンテナ重みの複素共役とを乗算して合成器15-1に与える。
- [0053] 合成器15-1は、乗算器14-1-1〜14-1-Nの全ての出力を加算する。
- [0054] また、図4に示した伝送路推定部3-1は、ビームフォーマー2-1の出力から伝送路推定を行い、伝送路推定値を複素共役操作部4-1および乗算器10-1に与える。伝送路推定とは、パスの受信状況から電波伝搬状態の変化を推定することである。これにより、得られた伝送路推定値は電波伝搬状態の変化を補償(伝送路補正)するのに用いられる。
- [0055] 複素共役操作部4-1は、伝送路推定部3-1からの伝送路推定値の複素共役を計算し、乗算器5-1に与える。
- [0056] 乗算器5-1は、ビームフォーマー2-1の出力に伝送路推定値の複素共役を乗算することにより、位相変動を補正(伝送路補正)するとともに最大比合成のための重み付けを行う。最大比合成とは、マルチパス合成後の信号のSINRを最大とするような重み付け合成方法である。
- [0057] パス受信部1-1では、伝送路推定に基づいて位相補正する機能がアンテナ重み制御と分離されている。そのため、アンテナ重み制御において、希望信号のフェージングによる位相変動を補正する必要が無いので、信号の到来方向のみに依存する位相変動を補正すればよく、安定したビーム形成が可能となる。
- [0058] 合成器6は、パス受信部1-1〜1-Lの各々の乗算器5-1〜5-Lの出力の全てを加算してパス合成を行うことにより復調信号を生成する。
- [0059] 判定器7は、合成器6で得られた復調信号から、可能性の高い送信シンボルを判定し、スイッチ8に与える。
- [0060] スイッチ8は、既知参照信号、または判定器7からの送信シンボルのいずれかを選択し、参照信号として減算器9に与える。スイッチ8は、既知参照信号が与えられてい

ればそれを選択し、既知参照信号が与えられていなければ、判定器7からの送信シンボルを選択する。

- [0061] 減算器9は、参照信号から、合成器6からの復調信号を減算し、全てのパス受信部1-1〜1-Lの乗算器10-1〜10-Lに誤差信号として与える。その際、参照信号として、スイッチ8からの参照信号に後述する参照信号レベルを乗じた値を用いる。
- [0062] パス受信部1-1の乗算器10-1は、減算器9からの誤差信号に、伝送路推定部3-1からの伝送路推定値を乗算してアンテナ重み適応更新部11-1に与える。
- [0063] アンテナ重み適応更新部11-1は、伝送路推定値が乗じられた誤差信号と、パス#1のN個の逆拡散信号とを用いてアンテナ重み W' を適応的に計算し、アンテナ重み方向拘束部12-1に与える。
- [0064] ここでアンテナ重み W' の算出には、一般に、最小二乗平均誤差制御(MMSE)が用いられる。誤差信号を用いるアンテナ重み係数の適応更新アルゴリズムにはLMS(Least Mean Square)、NLMS(Normalized LMS)、RLS(Recursive Least Square)アルゴリズムが知られている。
- [0065] 上述したように、例えば、アンテナ重み $w(i, m)$ (ここで、 i はパス番号、 m はシンボル番号である)は以下の更新式(式(1))を用いて計算される。
- [0066] また、誤差信号を $e(m)$ 、参照信号をレベル $A(m)$ とすると、誤差信号 $e(m)$ は式(2)のように表すことができる。
- [0067] 参照信号レベル $A(m)$ は、ビームフォーマー2-1に入力されるアンテナ素子毎の逆拡散信号に基づいて計算される。ビームフォーマー2-1に入力される逆拡散信号の受信レベルはビーム利得の影響を受けないため参照信号レベル $A(m)$ を算出する基準として望ましい。
- [0068] ここまでは図1に示した従来のものと同様の構成であるが、アンテナ重み方向拘束部12-1および方向ベクトル生成部16-1は本発明に特有のものである。
- [0069] 方向ベクトル生成部16-1は、希望信号の到来方向から方向ベクトルを求める。この方向ベクトルは、アンテナ重みの方向拘束処理に用いられる。ここで方向ベクトルは、方向が希望信号の到来方向で、大きさがNのベクトルである。
- [0070] 図6は、アレーアンテナと希望信号の到来方向の関係を示す図である。図6におい

て●はアンテナ素子を示し、矢印は希望信号を示す。アンテナ素子は間隔 d で配列されている。アンテナ素子の配列方向に対して鉛直方向の直線との角度によって示すと希望信号到来方向は ϕ と示すことができる。これらを用いると、方向ベクトル $c = (c_1, c_2, \dots, c_n, \dots, c_N)$ における、各アンテナ素子に対応する成分 c_n (n は#1〜# N のアンテナ番号)は式(3)によって求めることができる。

[0071] [数3]

$$c_n = \exp[j2\pi(n-1)(d/\lambda)\sin(\phi)] \quad (3)$$

[0072] ここで λ はキャリア波長である。

[0073] このように表される方向ベクトル c は、Special Signatureとも呼ばれ、希望信号を代表する信号である。方向ベクトル c は、変調やレベル変動などによる影響が取り払われ、上述したように希望信号の到来方向のみを表している。

[0074] アンテナ重み方向拘束部12-1は、方向ベクトル c を用いて、希望信号の到来方向における、希望信号のビーム利得を一定に保つようアンテナ重みを補正する処理(方向拘束処理)を行う。

[0075] パス番号 i のパスにおいてシンボル番号が m のときの、方向ベクトルを $c(i, m)$ 、アンテナ重み更新部11-1からのアンテナ重みを $w'(i, m)$ とすると、方向拘束処理が施されたアンテナ重み $w'(i, m)$ は式(4)によって求めることができる。

[0076] [数4]

$$w'(i, m+1) = \left(I - \frac{c(i, m)c^H(i, m)}{N} \right) W(i, m+1) + \frac{c(i, m)}{N} \quad (4)$$

[0077] ここで I は単位行列である。 H はエルミート共役操作を示す。

[0078] 図7は、アンテナ重み方向拘束部による方向拘束処理を説明するための図である。方向拘束処理とは、 N 次元のアンテナ重みベクトル空間においてアンテナ重み適応更新部11-1からのアンテナ重みベクトル W を拘束平面に投影したアンテナ重みベクトル W' を求める処理である。これは図7においてアンテナ重み $w(m+1)$ からアンテナ重み $w'(m+1)$ を求めることを示す。

[0079] この拘束平面は式(5)のように示すことができる。

[0080] [数5]

$$w'^H c = 1 \quad (5)$$

[0081] これにより、アンテナ重み w' と方向ベクトル c との相関が一定に調整されることとなる。

[0082] アンテナ重み w' を用いて受信される希望信号の利得は、アンテナ重み w' と方向ベクトル c との相関によって表すことができる。そして、その相関を一定にするように、すなわち式(5)の条件を満たすようにアンテナ重み w' の大きさを調整すれば、アンテナ重み w' を用いて受信される希望信号の利得は一定となる。なお、アンテナ重み w' の方向は、干渉が無ければ、方向ベクトル c の方向と一致し、干渉があれば、方向ベクトル c の方向からずれる。

[0083] 図7の拘束平面上を動くアンテナ重みベクトル $w'(i, m)$ は式(5)の条件を満たすので、希望信号の到来方向のビーム利得が常に一定となり、ビーム出力の希望信号成分の利得が一定となる。

[0084] 図8は、アンテナ重み方向拘束部の構成を示すブロック図である。図8を参照すると、アンテナ重み方向拘束部12-1は、相関器16-1、除算器17-1、乗算器18-1、減算器19-1、および加算器20-1を有している。

[0085] 相関器16-1は、アンテナ重み適応更新部11-1からのアンテナ重み $w(i, m+1)$ と、方向ベクトル生成部16-1からの方向ベクトル $c(i, m)$ との相関値(スカラー)を求める。

[0086] 除算器17-1は、方向ベクトル $c(i, m)$ を N で除算する。

[0087] 乗算器18-1は、相関器16-1からの相関値と、除算器17-1で求められた $c(i, m)/N$ とを乗算し、ベクトル $c(i, m)[c^H(i, m)w(i, m+1)]/N$ を求める。

[0088] 減算器19-1は、アンテナ重み $w(i, m)$ から、乗算器18-1で求めたベクトル $c(i, m)[c^H(i, m)w(i, m+1)]/N$ を減算する。

[0089] 加算器20-1は、減算器19-1の出力に、除算器17-1からの $c(i, m)/N$ を加算して方向拘束されたアンテナ重み $w'(i, m+1)$ を求める。

- [0090] 以上説明したように、本実施形態の適応アンテナ受信装置によれば、アンテナ重み適応更新部11-1が各アンテナ素子の逆拡散信号を用いてアンテナ重みを適応制御し、アンテナ方向拘束部12-1が希望信号の到来方向のビーム利得を一定に保つようにアンテナ重みに対して方向拘束処理を施し、ビームフォーマー2-1が適応制御および方向拘束処理されたアンテナ重みを用いて各アンテナ素子の逆拡散信号を重み付け合成し、伝送路推定部3-1がビームフォーマー2-1の出力から求めた伝送路推定値の複素共役を複素共役操作部4-1が求めてビームフォーマー2-1の出力に乗算することにより伝送路補正を行った各パスの受信信号を加算器6がマルチパス合成することにより復調信号を求めるという、伝送路補正がアンテナ重み制御から分離された構成である。
- [0091] そのため、アンテナ重みは伝送路補正の成分を含まず、信号到来方向に依存する位相補正、すなわち方向ベクトルによる位相補正により適応制御されているので、アンテナ重み方向拘束部12-1による方向拘束処理が可能となっている。
- [0092] その結果、本実施形態では、方向拘束処理により図3(b)に示すように希望信号の到来方向のビーム利得を一定に保つことができ、ビーム出力の希望信号成分の利得が一定に保たれるので正確な誤差信号の抽出が可能となり、指向性ビームの追従性が向上し、同期はずれも防止できる。
- [0093] 本発明の他の実施形態について図面を参照して説明する。
- [0094] 図9は、本発明の他の実施形態の適応アンテナ受信装置の構成を示すブロック図である。図9を参照すると、適応アンテナ受信部1-1は図4のものと同様の構成であるが、方向ベクトル生成部16-1の代わりに方向ベクトル生成部30-1を有する点で異なる。
- [0095] 方向ベクトル生成部30-1は、アンテナ毎信号同相平均部31-1、隣接アンテナ相関検出部32-1、アンテナ相関平均部33-1、逆正接計算部34-1、および方向ベクトル計算部35-1を有している。
- [0096] アンテナ毎信号同相平均部31-1は、アンテナ素子毎に、逆拡散信号の複数のシンボルを位相を合わせてベクトル加算することにより受信信号のSINRを改善する。その際、既知のパイロット信号を用いれば、既知シンボル(既知参照信号)で変調を

除去することにより同相加算が可能となる。また、同相平均シンボル数が大きいほどS INRの改善効果が大きい、フェージングなどによる位相変動がある場合には平均シンボル数は限られる。

[0097] 隣接アンテナ相関検出部32-1は、隣接するアンテナ素子の受信信号同士の相関を検出する。具体的には、アンテナ番号n-1のアンテナ素子の受信信号の複素共役信号を、アンテナ番号nのアンテナ素子の受信信号に乗算することにより相関が求まる。したがって、隣接アンテナ相関検出部32-1の出力($R(i, n, l)$)は式(6)で表される。

[0098] [数6]

$$R(i, n, l) = Z_{EL}(i, n, l) Z_{EL}^*(i, n-1, l) \quad (6)$$

[0099] ここで、iはパス番号、nはアンテナ番号、lはアンテナ毎信号同相平均部32-1からの出力番号である。 $Z_{EL}(i, n, l)$ は、パス番号i、アンテナ番号n、アンテナ毎信号同相平均部32-1からの出力番号lの受信信号の値である。 $*$ はその共役複素数を示す。

[0100] アンテナ相関平均部33-1は、隣接アンテナ相関検出部33-1の出力($R(i, n, l)$)を式(7)に従って平均する。

[0101] [数7]

$$R_{AV}(i, l) = \frac{1}{N-1} \sum_{n=2}^N R(i, n, l) \quad (7)$$

[0102] さらに必要であれば式(7)の出力($R_{AV}(i, l)$)を時間平均してもよい。例えば、忘却係数 λ による加重平均を行うと、 $R_{AV}(i, l)$ は式(8)で表される。

[0103] [数8]

$$R_{AV}(i, l) = (1 - \lambda) R_{AV}(i, l) + \lambda R_{AV}(i, l-1) \quad (8)$$

[0104] 逆正接計算部34-1は、式(9)に従って $R_{AV}(i, l)$ の位相 $\theta(i, l)$ を計算する。

[0105] [数9]

$$\theta(i, l) = \tan^{-1} \frac{\text{Im}[R_{AV}(i, l)]}{\text{Re}[R_{AV}(i, l)]} \quad (9)$$

[0106] 方向ベクトル計算部35-1は、式(10)に従って方向ベクトル $c_n(i, l)$ を計算する。

[0107] [数10]

$$c_n(i, l) = \exp[j(n-1)\theta(i, l)] \quad (10)$$

[0108] ここで、 n はアンテナ番号である。

[0109] なお、逆正接計算34-1および方向ベクトル計算部35-1は、入力に対する出力の対応を予めテーブルの記録しておき、計算の代わりにテーブルを参照することとすれば演算量を削減できる。

[0110] 以上説明したように、本実施形態によれば、アンテナ毎信号同相平均部31-1が各逆拡散信号のSINRを改善し、隣接アンテナ相関検出部32-1が隣接アンテナ素子間の各相関を求め、アンテナ相関平均部33-1がそれらの相関の平均を求め、逆正接計算部34-1が相関の平均の位相を求め、方向ベクトル計算部35-1がその位相から方向ベクトルを求めるので、隣接アンテナ素子間の相関に基づいて簡易な処理および構成で希望信号の方向ベクトルを求めることができる。

図面の簡単な説明

[0111] [図1]従来の適応アンテナ受信装置の構成を示すブロック図である。

[図2]従来のビームフォーマーの構成を示すブロック図である。

[図3]適応アレーアンテナによる指向性ビームと希望信号の到来方向の関係を示す図である。

[図4]本発明の一実施形態による適応アンテナ受信装置の構成を示すブロック図である。

[図5]図1に示したビームフォーマーの構成を示すブロック図である。

[図6]アレーアンテナと希望信号の到来方向の関係を示す図である。

[図7]アンテナ重み方向拘束部による方向拘束処理を説明するための図である。

[図8]アンテナ重み方向拘束部の構成を示すブロック図である。

[図9]本発明の他の実施形態の適応アンテナ受信装置の構成を示すブロック図である。

符号の説明

- [0112] 1-1-1-L パス受信部
2-1-2-L ビームフォーマー
3-1-3-L 伝送路推定部
4-1-4-L 複素共役操作部
5-1-5-L, 10-1-10-L, 14-1-1-14-L-N, 18-1-18-L 乗算器
6, 15-1-15-L 合成器
7 判定器
8 スイッチ
9, 19-1-19-L 減算器
11-1-11-L アンテナ重み適応更新部
12-1-12-L アンテナ重み方向拘束部
13-1-1-13-L-N 複素共役操作部
16-1-16-L 方向ベクトル生成部
17-1-17-L 除算器
20-1-20-L 加算器
30-1-30-L ベクトル生成部
31-1-31-L アンテナ毎信号同相平均部
32-1-32-L 隣接アンテナ相関検出部
33-1-33-L アンテナ相関平均部
34-1-34-L 逆正接計算部
35-1-35-L 方向ベクトル計算部

請求の範囲

- [1] 複数のアンテナ素子からなるアレーアンテナの指向性ビームを適応的に形成することにより複数の送信装置から送信された多重信号における干渉信号を抑圧して希望信号を受信し、該希望信号を伝送路推定に基づいて補正する適応アンテナ受信方法であって、
- 前記各アンテナ素子で受信した信号と、前記伝送路推定に基づいて補正された前記希望信号を用いて求められた誤差信号とからアンテナ重みを適応的に更新する第1のステップと、
- 前記希望信号の到来方向にビーム利得が一定となるように、前記第1のステップで求めた前記アンテナ重みに拘束処理を施す第2のステップと、
- 前記第2のステップにおいて拘束処理が施された前記アンテナ重みを用いて前記アレーアンテナで前記希望信号を受信する第3のステップと、
- 前記第3のステップで受信された前記希望信号の伝送路推定を行い、推定結果を用いて前記希望信号を補正する第4のステップとを有する適応アンテナ受信方法。
- [2] 前記第2のステップにおいて、前記希望信号の到来方向を示す方向ベクトルを用いて前記アンテナ重みに拘束処理を施す、請求項1記載の適応アンテナ受信方法。
- [3] 隣接する前記アンテナ素子で受信した信号同士の各相関値を求める第5のステップと、
- 前記第5のステップで求めた前記各相関値の平均値を求める第6のステップと、
- 前記第6のステップで求めた平均値の逆正接を取って位相を求める第7のステップと、
- 前記第7のステップで求めた位相から前記方向ベクトルを求める第8のステップとを有する、請求項2記載の適応アンテナ受信方法。
- [4] 前記第1ー第4のステップを少なくとも1つのパス毎に行い、前記第4のステップにおいて補正された前記希望信号を合成してマルチパス合成された復調信号を生成する、請求項1記載の適応アンテナ受信方法。
- [5] 複数のアンテナ素子からなるアレーアンテナの指向性ビームを適応的に形成することにより複数の送信装置から送信された多重信号における干渉信号を抑圧して希

望信号を受信し、該希望信号を伝送路推定に基づいて補正する適応アンテナ受信装置であって、

前記各アンテナ素子で受信した信号と、前記伝送路推定に基づいて補正された前記希望信号を用いて求められた誤差信号とからアンテナ重みを適応的に更新するアンテナ重み適応更新手段と、

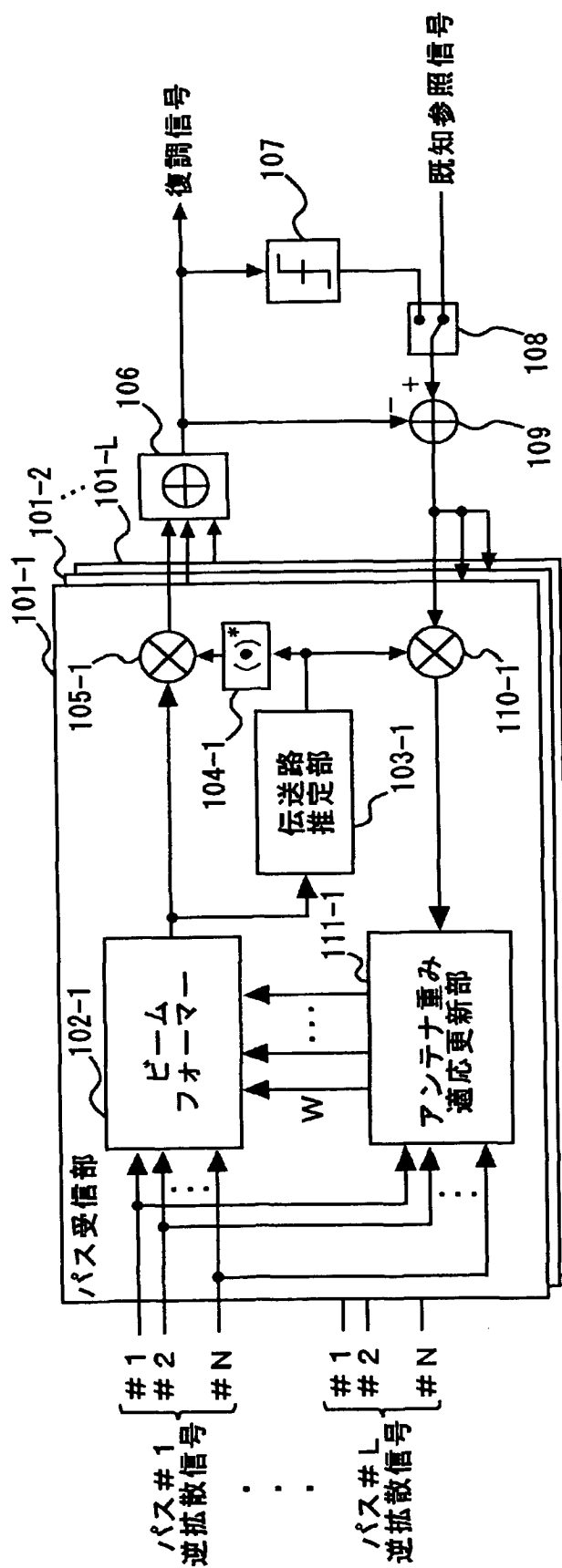
前記希望信号の到来方向にビーム利得が一定となるように、前記アンテナ重み適応更新手段で求めた前記アンテナ重みに拘束処理を施すアンテナ重み方向拘束手段と、

前記アンテナ重み方向拘束手段において拘束処理が施された前記アンテナ重みを用いて前記アレーアンテナで前記希望信号を受信するビームフォーマーと、

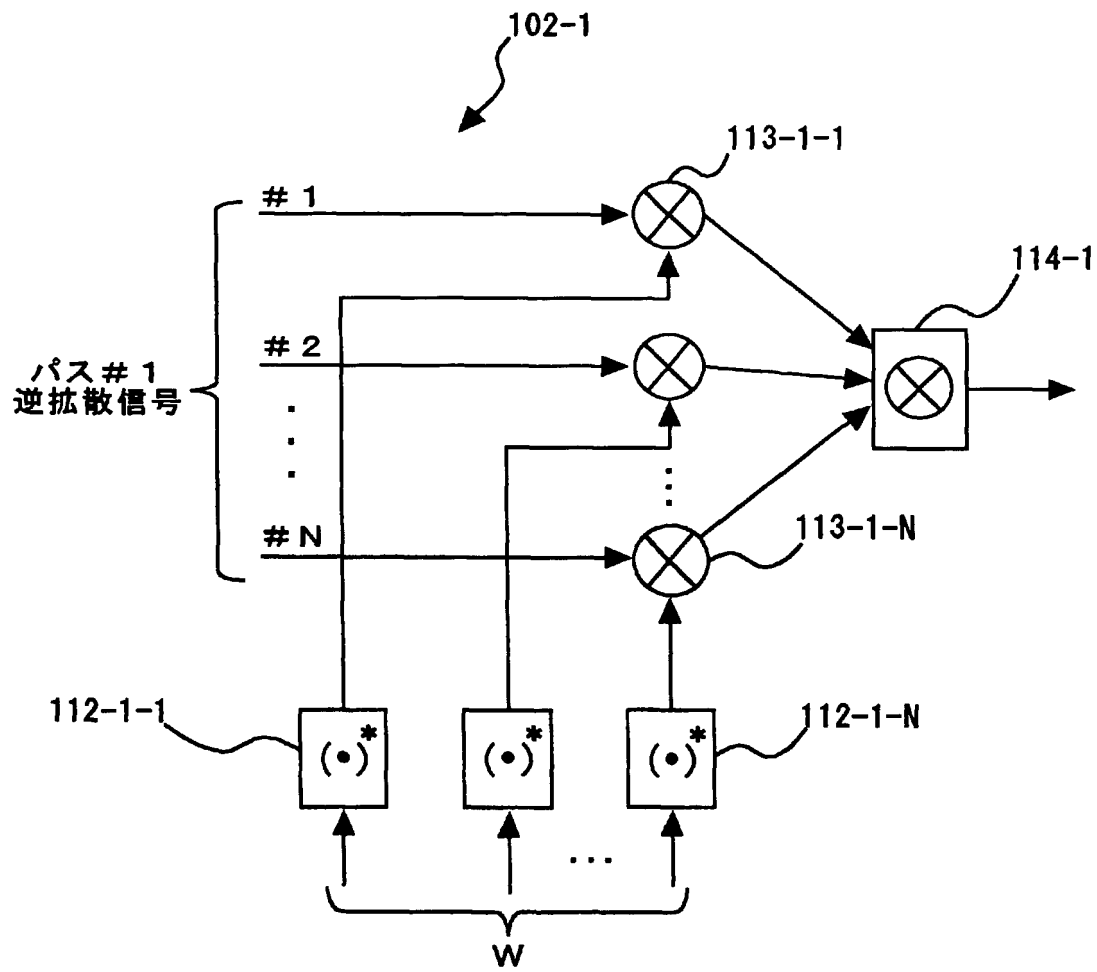
前記ビームフォーマーで受信された前記希望信号の伝送路推定を行い、推定結果を用いて前記希望信号を補正する伝送路推定手段とを有する適応アンテナ受信装置。

- [6] 前記アンテナ重み方向拘束手段において、前記希望信号の到来方向を示す方向ベクトルを用いて前記アンテナ重みに拘束処理を施す、請求項5記載の適応アンテナ受信装置。
- [7] 隣接する前記アンテナ素子で受信した信号同士の各相関値を求める隣接アンテナ相関検出手段と、
- 前記隣接アンテナ相関検出手段で求めた前記各相関値の平均値を求めるアンテナ相関平均手段と、
- 前記アンテナ相関平均手段で求めた平均値の逆正接を取って位相を求める逆正接計算手段と、
- 前記逆正接計算手段で求めた位相から前記方向ベクトルを求める方向ベクトル計算手段とをさらに有する、請求項6記載の適応アンテナ受信装置。
- [8] パス毎に受信した少なくとも1つの前記希望信号をマルチパス合成して復調信号を生成する合成手段をさらに有する、請求項5記載の適応アンテナ受信装置。

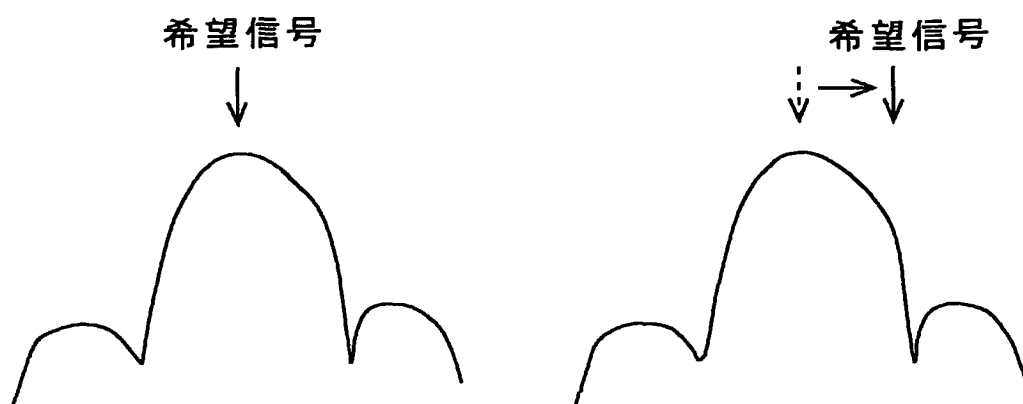
[図1]



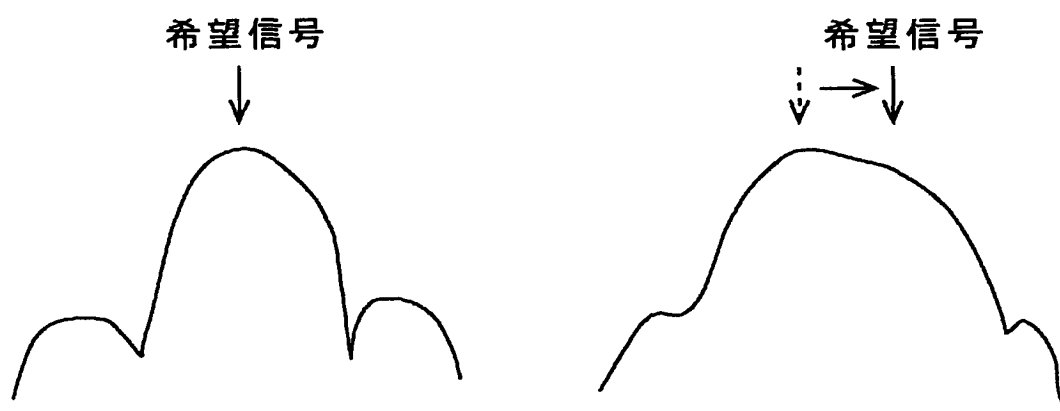
[図2]



[図3]

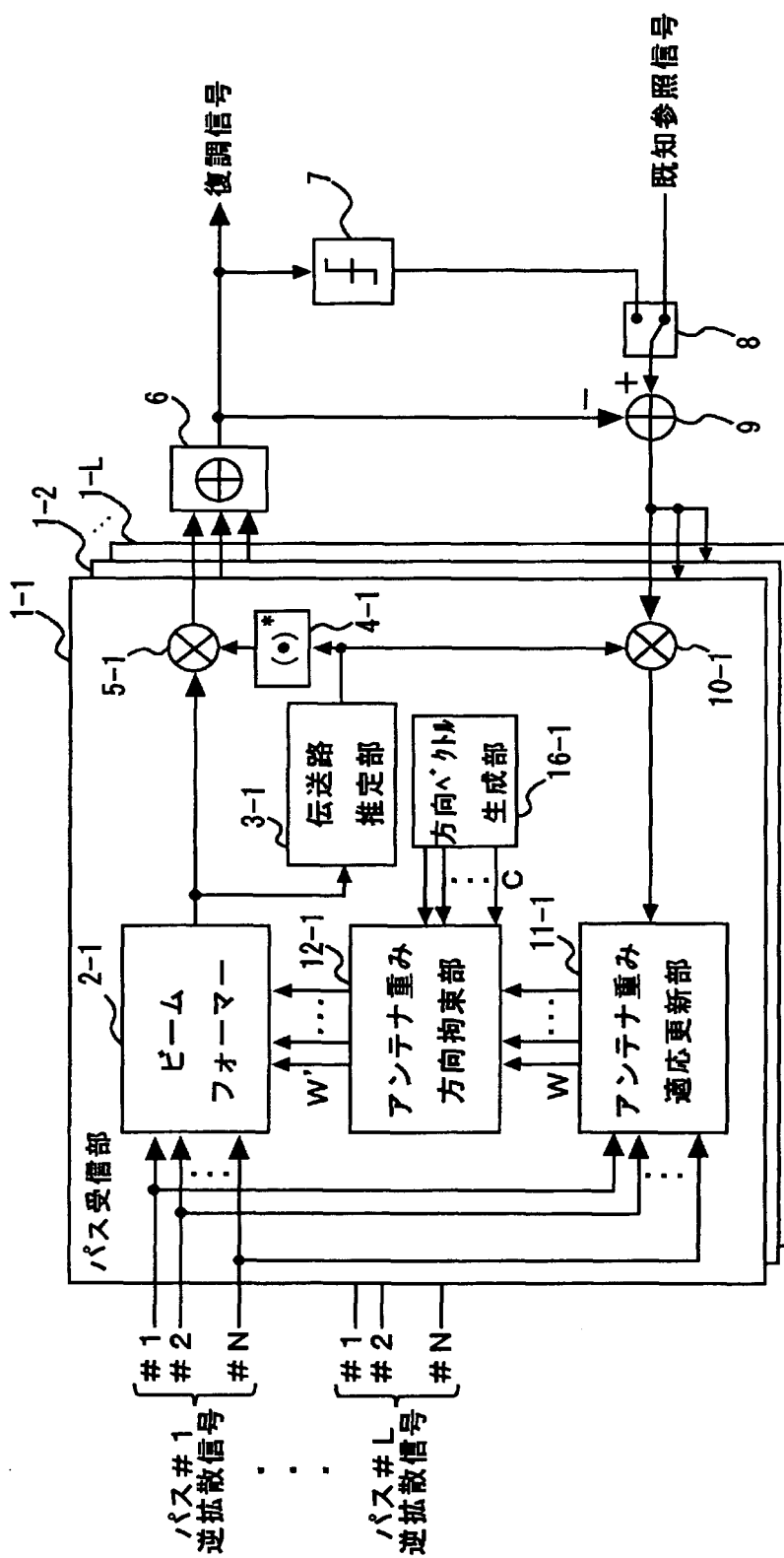


(a) 従来

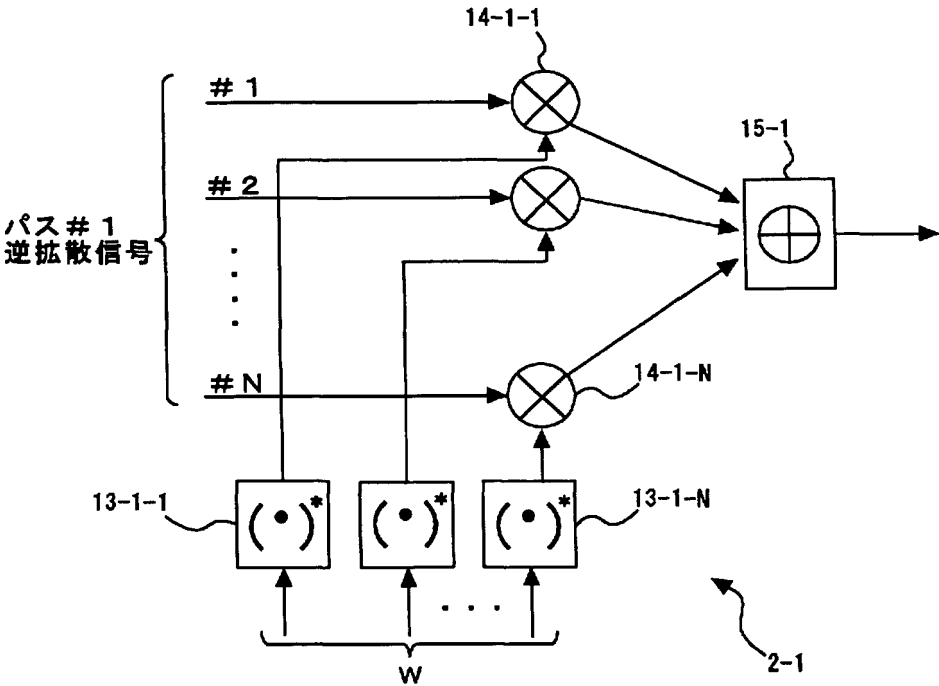


(b) 本発明

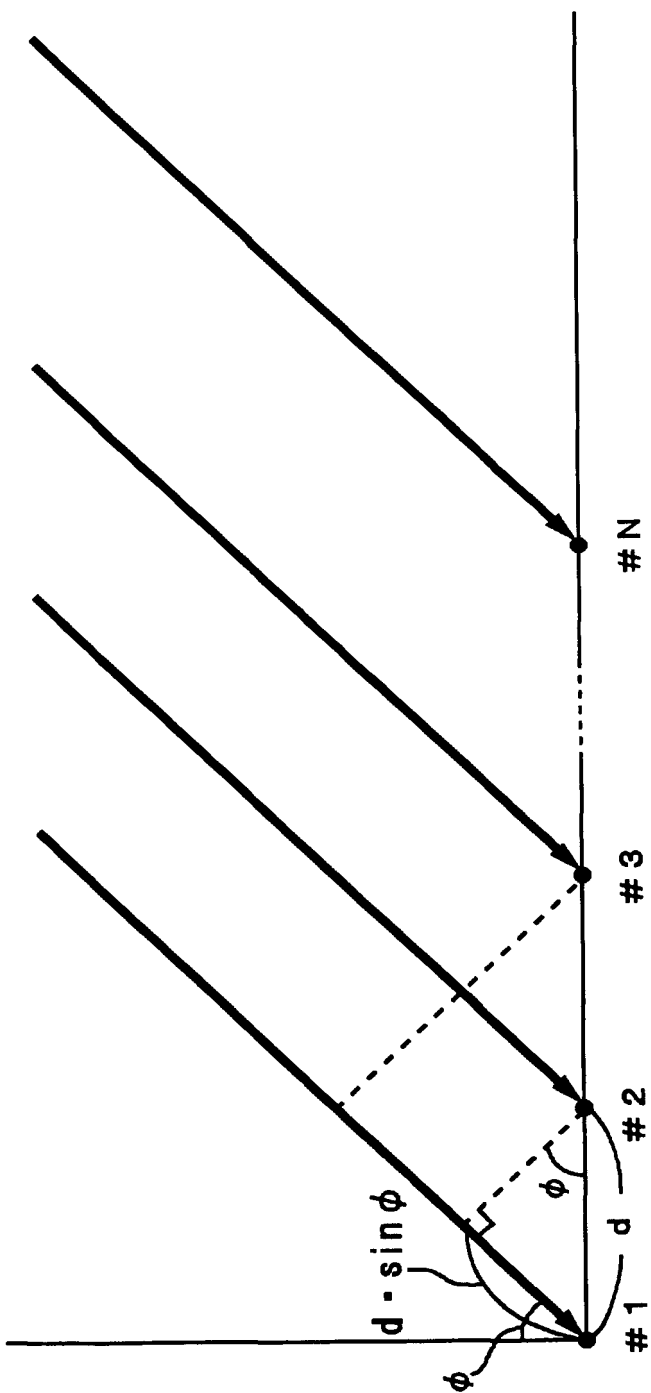
[図4]



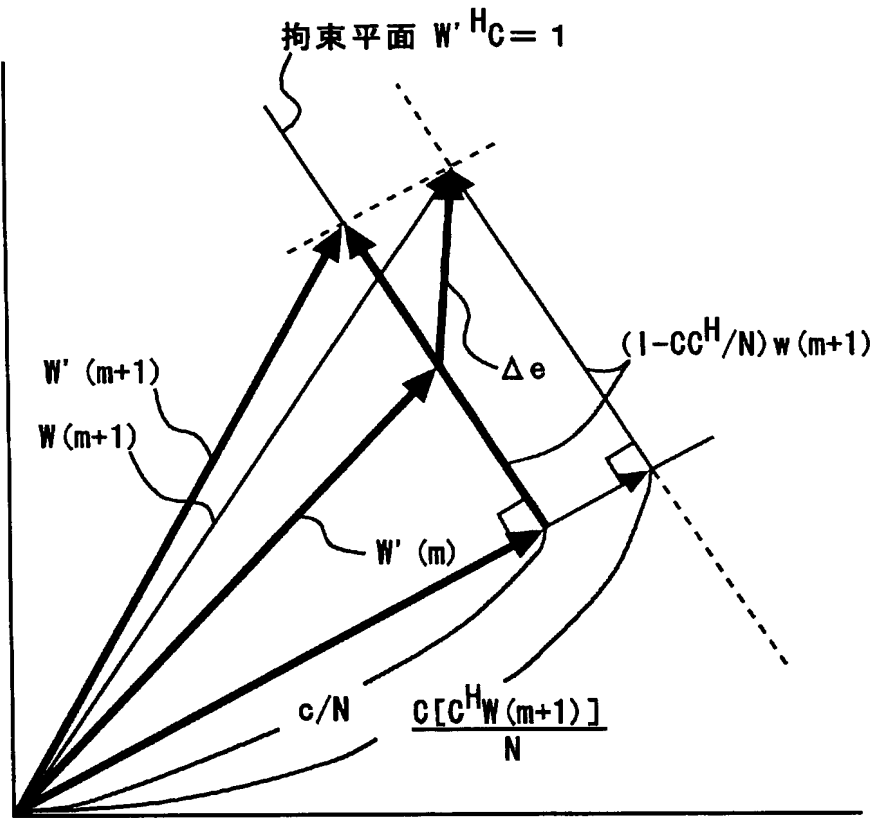
[図5]



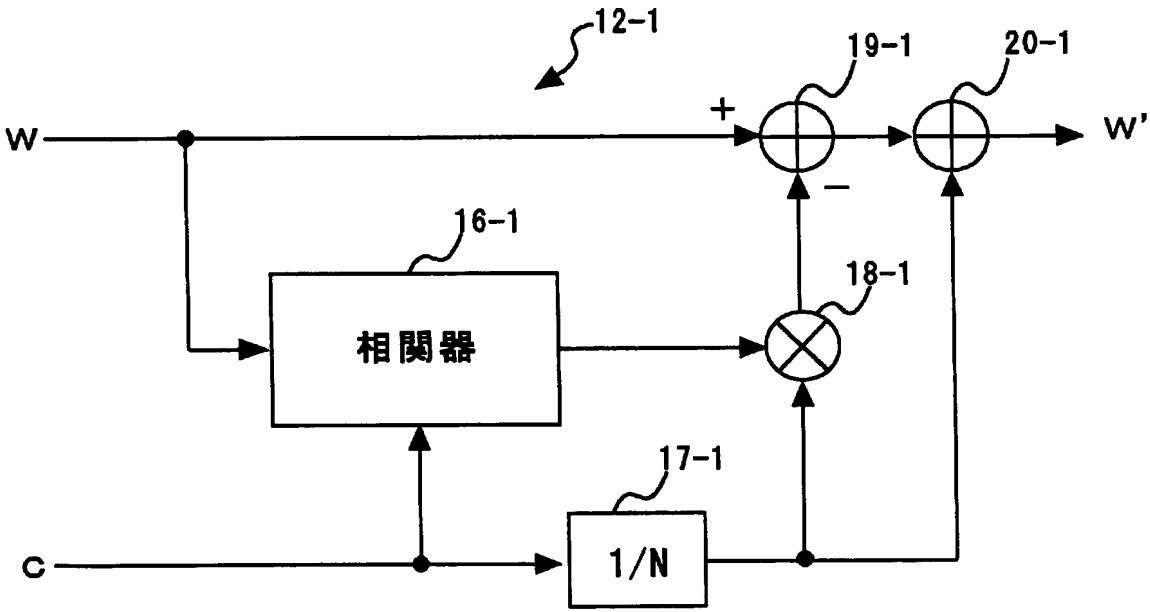
[図6]



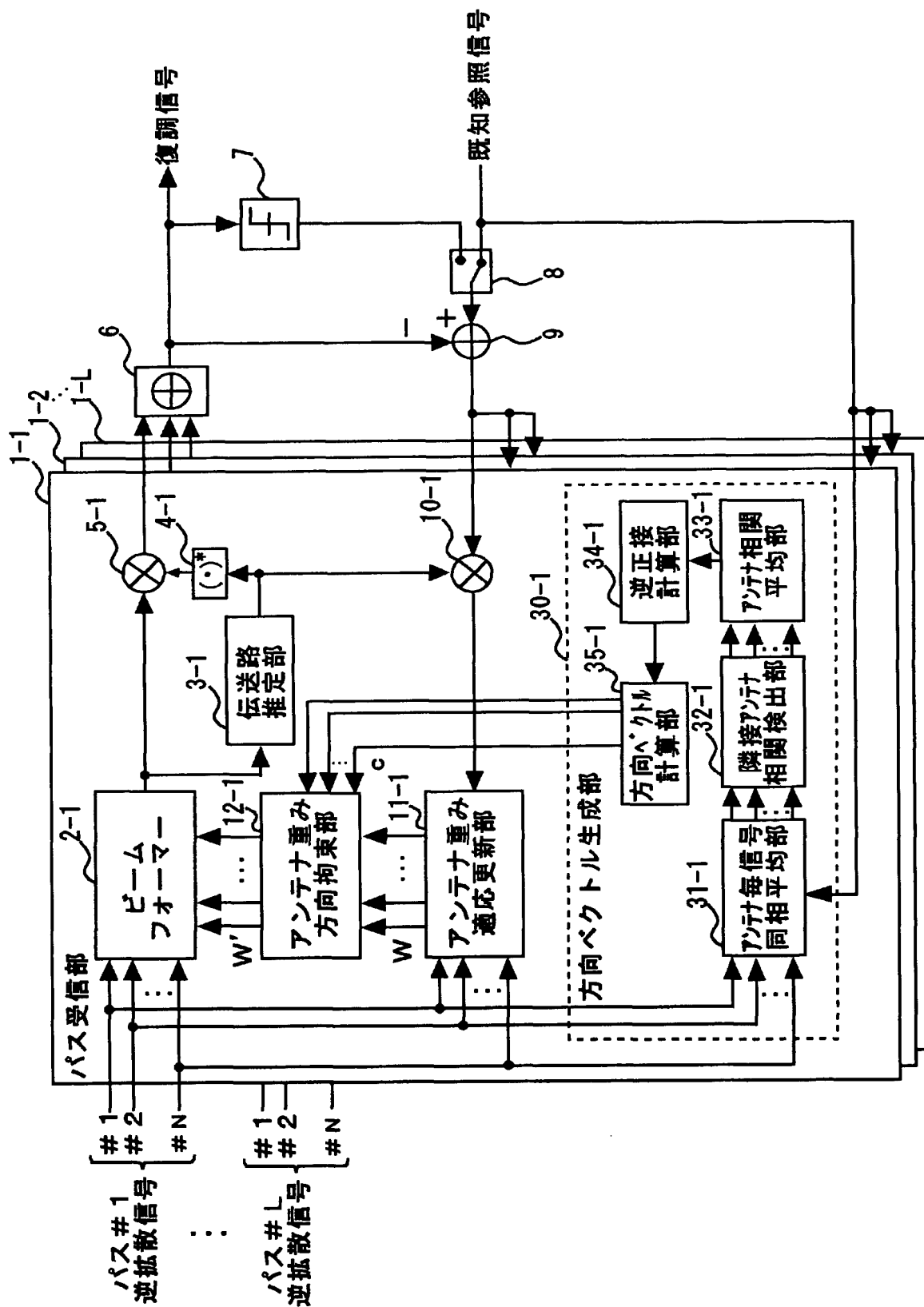
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/008801

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ H01Q3/26, H04B7/10

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁷ H01Q3/26, H04B7/00-7/10

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2005 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2002-77008 A (NEC Corp.), 15 March, 2002 (15.03.02), Full text; all drawings & EP 1182728 A2 & CN 1347205 A & US 2002-0045432 A1	1-8
Y	JP 2000-332666 A (Toshiba Tec Corp. et al.), 30 November, 2000 (30.11.00), Par. Nos. [0023] to [0041]; all drawings (Family: none)	1-8
Y	JP 2002-237766 A (NEC Corp.), 23 August, 2002 (23.08.02), Full text; all drawings & EP 1231720 A2 & CN 1369932 A & US 2002-135514 A1	3, 7



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
26 July, 2004 (26.07.04)

Date of mailing of the international search report
10 August, 2004 (10.08.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/008801

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 11-251964 A (Fujitsu Ltd.), 17 September, 1999 (17.09.99), Full text; all drawings & GB 2336741 A & US 6493379 B1	1-8

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl⁷ H01Q 3/26, H04B 7/10

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl⁷ H01Q 3/26, H04B 7/00-7/10

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2005年

日本国登録実用新案公報 1994-2005年

日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2002-77008 A (日本電気株式会社) 2002.03.15, 全文, 全図 & EP 1182728 A2 & CN 1347205 A & US 2002-0045432 A1	1-8
Y	JP 2000-332666 A (東芝テック株式会社、外1名) 2000.11.30、段落【0023】-【0041】、全図 (ファミリーなし)	1-8

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 26.07.2004

国際調査報告の発送日 10.8.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

新川 圭二

5T

8623

電話番号 03-3581-1101 内線 6711

C (続き) 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P 2002-237766 A (日本電気株式会社) 200 2.08.23, 全文, 全図 & EP 1231720 A2 & CN 1369932 A & US 2002-135514 A1	3,7
A	J P 11-251964 A (富士通株式会社) 1999.0 9.17, 全文, 全図 & GB 2336741 A & US 6493379 B1	1-8